

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-285681  
 (43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl. H04N 5/225  
 H04N 7/18

(21)Application number : 2001-012923 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
 (22)Date of filing : 22.01.2001 (72)Inventor : OKAMOTO SHUSAKU  
 NAKAGAWA MASAMICHI  
 MORIMURA ATSUSHI

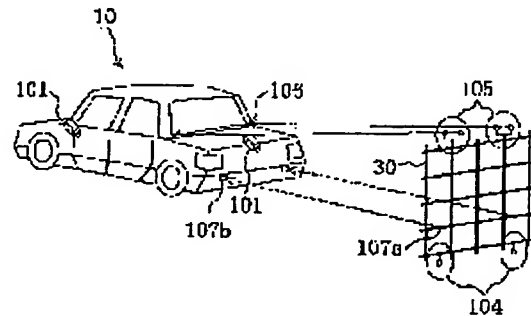
(30)Priority  
 Priority number : 2000018409 Priority date : 27.01.2000 Priority country : JP

## (54) CALIBRATION SYSTEM, TARGET DEVICE AND CALIBRATION METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a calibration method that can simply execute calibration for a camera mounted on a mobile body.

SOLUTION: A target device 30 for calibration is physically fixed to a vehicle 10 on which a camera 101 is mounted by joint means 107a, 107b. The fine-adjustment of a position relation between the vehicle 10 and the target device 30 is conducted by visually confirming an object point 106 provided to the vehicle 10 via a scope means 105.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.01.2001  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] 04.06.2002  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number] 3387911  
 [Date of registration] 10.01.2003  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-12413  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 04.07.2002  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-285681

(P2001-285681A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル (参考)
H 0 4 N 5/225		H 0 4 N 5/225	C 5 C 0 2 2
7/18		7/18	J 5 C 0 5 4

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2001-12923(P2001-12923)  
(22) 出願日 平成13年1月22日 (2001. 1. 22)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-18409(P2000-18409)  
(32) 優先日 平成12年1月27日 (2000. 1. 27)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821  
松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地  
(72) 発明者 岡本 修作  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72) 発明者 中川 雅通  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(74) 代理人 100077931  
弁理士 前田 弘 (外7名)

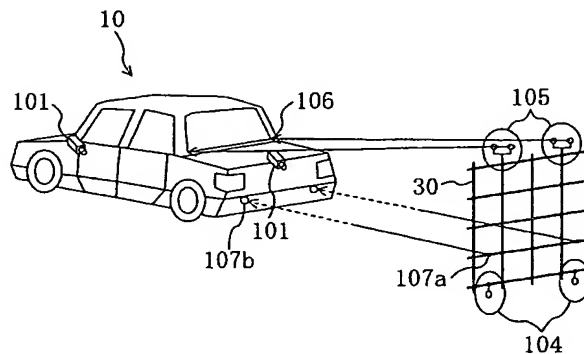
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 キャリブレーションシステム、ターゲット装置およびキャリブレーション方法

(57) 【要約】

【課題】 移動体に搭載されたカメラについて、キャリブレーションを簡易に実行可能にする。

【解決手段】 カメラ101が搭載された車両10に対して、キャリブレーションのためのターゲット装置30を、ジョイント手段107a、107bによって物理的に固定する。車両10とターゲット装置30との位置関係の微調整は、車両10に設けられた目標点106をスコープ手段105を介して目視確認しながら行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カメラが搭載された移動体と、  
前記カメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置と、

前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられ、前記移動体と前記ターゲット装置との位置関係を、所定の関係に固定するための位置合わせ手段とを備えたことを特徴とするキャリブレーションシステム。

【請求項 2】 請求項 1 記載のキャリブレーションシステムにおいて、  
前記位置合わせ手段は、  
前記ターゲット装置を、前記移動体に対して、物理的に固定するジョイント手段を有するものであることを特徴とするキャリブレーションシステム。

【請求項 3】 請求項 1 記載のキャリブレーションシステムにおいて、  
前記位置合わせ手段は、  
前記移動体およびターゲット装置のいずれか一方に設けられ、その他方にある目標点を参照して、前記ターゲット装置の位置を合わせるためのスコープ手段を有するものであることを特徴とするキャリブレーションシステム。

【請求項 4】 請求項 1 記載のキャリブレーションシステムにおいて、  
前記ターゲット装置は、  
外部からの制御によって、特徴点が発光可能に構成されており、  
前記移動体は、  
前記ターゲット装置の特徴点の発光を制御する制御手段を備えていることを特徴とするキャリブレーションシステム。

【請求項 5】 カメラが搭載された移動体と、  
前記カメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置と、  
前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられ、前記移動体と前記ターゲット装置との位置関係を求めるための位置関係推定手段とを備えたことを特徴とするキャリブレーションシステム。

【請求項 6】 請求項 5 記載のキャリブレーションシステムにおいて、  
前記位置関係推定手段は、  
前記移動体およびターゲット装置のいずれか一方に設けられ、その他方にある目標点を参照して、前記一方の座標系における前記目標点の座標値を求めるための目標データ取得手段を有するものであることを特徴とするキャリブレーションシステム。

【請求項 7】 移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置であって、  
前記移動体と当該ターゲット装置との位置関係を所定の

関係に固定するための位置合わせ手段を備えたことを特徴とするターゲット装置。

【請求項 8】 移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置であって、  
前記移動体と当該ターゲット装置との位置関係を求めるための位置関係推定手段を備えたことを特徴とするターゲット装置。

【請求項 9】 移動体に搭載されたカメラについて、キャリブレーションを行う方法であって、  
キャリブレーションのためのターゲット装置を、前記移動体周辺に準備し、  
前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられた位置合わせ手段を用いて、前記ターゲット装置の位置を、前記移動体との位置関係が所定の関係になるように、固定し、  
前記カメラによって、前記ターゲット装置の特徴点を撮影し、前記特徴点の画像座標と前記特徴点の実世界座標との関係を基にして、前記カメラのキャリブレーションを行うことを特徴とするキャリブレーション方法。

【請求項 10】 移動体に搭載されたカメラについて、キャリブレーションを行う方法であって、  
キャリブレーションのためのターゲット装置を、前記移動体周辺に準備し、  
前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられた位置計算手段を用いて、前記ターゲット装置と前記移動体との位置関係を求め、  
前記カメラによって、前記ターゲット装置の特徴点を撮影し、  
前記特徴点の画像座標、前記ターゲット装置を基準にした前記特徴点の実世界座標、および、求めた前記ターゲット装置と前記移動体との位置関係を基にして、前記カメラのキャリブレーションを行うことを特徴とするキャリブレーション方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、カメラの位置や向き等を計算するキャリブレーションに関するものであり、特に、移動体に搭載されたカメラについて、そのキャリブレーションを簡易に、かつ精度良く行う技術に属する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、車両にカメラを取り付けて、このカメラによって車両周囲を監視するシステムが知られている。このような監視システムでは、複数のカメラを車両に搭載し、撮影した映像を車両内のモニタに表示するという構成が一般的である。

【0003】図 23 は従来の車両周囲監視システムの構成を示すブロック図である（特許公開公報 特開平 3-99952 号に開示）。図 23 において、画像変換部 1

202は、車両に設置された複数台のカメラ1201の画像を受けて、透視変換によって、仮想視点からみた合成画像を生成する。画像表示部1203はこの合成画像を例えば運転席に設置されたTVモニター1204に表示する。仮想視点を車両中心上方に下向きに置くと、運転者は、TVモニター1204を見て、自車とその周囲の状況が一目で分かる。これにより、車両運転の安全性が向上する。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した監視システムでは、複数のカメラ画像をつなぎ合わせて一枚の画像を合成する。この場合、つなぎ合わせる画像同士の境界でずれが生じないようにするためには、各々のカメラがどの位置にどのような向きで取り付けられているかを予め正確に計算しておく必要がある。この計算のことを、カメラのキャリブレーションという。

【0005】キャリブレーションの方法としては、例えば、所定の座標系における座標位置が既知の特徴点をそれぞれのカメラで撮影し、各特徴点の、カメラ画像上における座標と実際の空間座標とを対応づけた一組のデータ、すなわちキャリブレーションデータを用いて行う方法が知られている。詳細は例えば、松山他「コンピュータビジョン：技術評論と将来展望」（新技術コミュニケーションズ、pp.37-53、1998年6月）に記載されており、ここではその説明は省略する。

【0006】カメラのキャリブレーションに関しては、例えば、搬送ラインの視覚センサシステムについて、専用治具を用いてキャリブレーションを行う技術（特許公報特公平7-90494号に開示）や、ロボットハンドリング装置において、ロボット座標系に対する固定3次元視覚手段の取り付け誤差を求める技術（特許公報特公平7-27408号に開示）等が知られている。しかしながら、車両のような移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションについては、未だ有効な技術は確立していないのが実状である。

【0007】また、車両周囲監視用のような広い範囲を撮影するカメラについてキャリブレーションを行うためには、特徴点を、カメラの撮影範囲に広くまなく分布させる必要がある。このために、特徴点が設けられた巨大な設備を設けるものとする、と、広大な敷地が必要になり、かつ膨大なコストがかかるので好ましくない。さらに、このような設備をある場所に設置したとすると、カメラキャリブレーションのために、車両をその設備の所までわざわざ移動させなければならないので、非常に不便である。将来的には、車両周囲監視システムは広く普及すると考えられるので、カメラの交換や追加、あるいは事故・走行によるカメラ取付位置のずれ等が頻繁に起こりうるであろうことを鑑みると、簡易なカメラキャリブレーション方式の開発が急務となる。

【0008】前記の問題に鑑み、本発明は、移動体に搭

載されたカメラについて、簡易に、かつ、精度良く、キャリブレーション実行可能にすることを課題とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決するために、本発明は、キャリブレーションシステムとして、カメラが搭載された移動体と、前記カメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置と、前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられ、前記移動体と前記ターゲット装置との位置関係を所定の関係に固定するための位置合わせ手段とを備えたものである。

【0010】この発明によると、移動体とターゲット装置との位置関係は、位置合わせ手段によって所定の関係に固定することができるので、カメラキャリブレーションのために、移動体を精度良く位置決めすることが不要になる。したがって、移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを簡易に行うことができる。

【0011】そして、前記本発明のキャリブレーションシステムにおける位置合わせ手段は、前記ターゲット装置を前記移動体に対して物理的に固定するジョイント手段を有するものとする。

【0012】また、前記本発明のキャリブレーションシステムにおける位置合わせ手段は、前記移動体およびターゲット装置のいずれか一方に設けられ、その他方にある目標点を参照して前記ターゲット装置の位置を合わせるためのスコープ手段を有するものとする。

【0013】さらに、前記本発明のキャリブレーションシステムにおけるターゲット装置は、外部からの制御によって特徴点が発光可能に構成されており、前記移動体は、前記ターゲット装置の特徴点の発光を制御する制御手段を備えているものとする。

【0014】また、本発明は、キャリブレーションシステムとして、カメラが搭載された移動体と、前記カメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置と、前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられ、前記移動体と前記ターゲット装置との位置関係を求めるための位置関係推定手段とを備えたものである。

【0015】この発明によると、移動体とターゲット装置との位置関係は、位置関係推定手段によって求められるので、カメラキャリブレーションのために、移動体を精度良く位置決めすることが不要になる。したがって、移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを簡易に行うことができる。

【0016】そして、前記本発明のキャリブレーションシステムにおける位置関係推定手段は、前記移動体およびターゲット装置のいずれか一方に設けられ、その他方にある目標点を参照して、前記一方の座標系における前記目標点の座標値を求めるための目標データ取得手段を有するものとする。

【0017】また、本発明は、移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置として、前記移動体と当該ターゲット装置との位置関係を所定の関係に固定するための位置合わせ手段を備えたものである。

【0018】また、本発明は、移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを行うためのターゲット装置として、前記移動体と当該ターゲット装置との位置関係を求めるための位置関係推定手段を備えたものである。

【0019】また、本発明は、移動体に搭載されたカメラについてキャリブレーションを行う方法として、キャリブレーションのためのターゲット装置を前記移動体周辺に準備し、前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられた位置合わせ手段を用いて、前記ターゲット装置の位置を前記移動体との位置関係が所定の関係になるように固定し、前記カメラによって前記ターゲット装置の特徴点を撮影し、前記特徴点の画像座標と前記特徴点の実世界座標との関係を基にして前記カメラのキャリブレーションを行うものである。

【0020】また、本発明は、移動体に搭載されたカメラについてキャリブレーションを行う方法として、キャリブレーションのためのターゲット装置を前記移動体周辺に準備し、前記移動体およびターゲット装置の少なくともいずれか一方に設けられた位置関係推定手段を用いて前記ターゲット装置と前記移動体との位置関係を求め、前記カメラによって前記ターゲット装置の特徴点を撮影し、前記特徴点の画像座標、前記ターゲット装置を基準にした前記特徴点の実世界座標および求めた前記ターゲット装置と前記移動体との位置関係を基にして、前記カメラのキャリブレーションを行うものである。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】図1は本発明の技術的思想を概念的に示すための図である。図1(a)では、カメラ1が搭載された車両2は地面に対して位置決めされており、キャリブレーションのためのターゲット装置3は地面に対して固定されている。言い換えると、地面を媒介として、車両2とターゲット装置3との位置関係が設定されているといえる。

【0022】しかしながら、図1(a)の場合には、まず、精度の高いキャリブレーションを実現するために、車両2を地面に対して数mm精度で位置決めする必要があるが、これは實際上極めて困難である。また、キャリブレーションの度に、ターゲット装置3が設置された場所へ車両2を移動させなければならない。

【0023】そこで、本発明では、図1(b)に示すように、ターゲット装置3を、地面を媒介としないで直接的に、車両2に固定する。これにより、車両2の数mm精度の位置決めが不要になるとともに、キャリブレーションの実行場所が限定されなくなるので、簡易なキャリブレーションが実現できる。

【0024】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0025】(第1の実施形態)図2は本発明の第1の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。図2では、カメラ101が搭載された移動体としての車両10と、カメラ101のキャリブレーションを行うためのターゲット装置30とが、位置合わせ手段としてのジョイント手段107a、107bによって、物理的に固定されている。同図中、(a)はターゲット装置30が車両10の後方から結合される様子を、(b)はターゲット装置30が車両10の側方から結合される様子を、それぞれ示している。ターゲット装置30側のジョイント手段107aは、具体的には例えば、ネジ山が切り込まれた突起物であり、車両10側のジョイント手段107bは、具体的には例えば、ネジ穴である。

【0026】ターゲット装置30には、カメラ101の調整に必要な特徴点Pが設けられている。図2では、特徴点Pは、プラスチック、木材その他の棒材によって組まれた格子構造の交点によって与えられている。その他、特徴点Pの設け方としては、板状の材料に特徴点Pをそのまま描く等、位置が特定できる形態であればどのようなものであってもかまわない。

【0027】そして、ジョイント手段107a、107bによって車両10とターゲット装置30とが互いに固定結合された状態において、カメラ101のキャリブレーションが実行される。また、図2のような構成によると、複数箇所に設置されたカメラ101のキャリブレーションのために、ターゲット装置30をそれぞれ独立して作成する必要はなく、同一のターゲット装置30を共用することができる。

【0028】なお、車両10とターゲット装置30とを物理的に固定するジョイント手段の具体的構成としては、ネジ山が切られた突起とネジ穴との組み合わせに限られるものではなく、様々な構成が考えられる。例えば、車両10にジョイント手段として予め穴をあけておき、ターゲット装置30に設置された棒状のジョイント手段を、その穴に差し込むようにしてもよい。

【0029】また、ターゲット装置30にのみ、ジョイント手段として固定器具を設け、この固定器具を車両10の一部にはめ込む等して、ターゲット装置30を車両10に固定してもかまわない。図3はこのような固定器具を用いた構成例を示す図である。図3の例では、ジョイント手段107Aとして挟み器具を用い、この挟み器具によって車両10の後部バンパーを挟み込むことによって、ターゲット装置30を車両10に対して物理的に固定している。この場合、車両10側には特別な機構を設ける必要がないので、車両10の外観を損なうことがない。なお、挟み込む位置に予めマーカを記すことにより、ターゲット装置30を固定する作業を簡易に行うこ

とができる。もちろん、車両 10 側に固定器具を設けて、ターゲット装置 30 を固定するようにしてもかまわない。

【0030】また、図 4 に示すような位置調整手段 104 をターゲット装置 30 に設けることによって、車両 10 に対するターゲット装置 30 の位置の調整が容易になる。図 4 に示す位置調整手段 104 は、ネジによって高さ方向の微調整が可能な機構 104a と車輪によって前後左右の位置調整が可能な機構 104b とを備えている。なお、キャリブレーション中におけるターゲット装置 30 の位置ずれを防ぐために、位置調整手段 104 は機構 104a、104b の動きを固定する固定器具を有するのが好ましい。ただし、この固定器具は、あくまでもターゲット装置 30 の地面に対する位置ずれを固定するという観点から必要なものであり、原理的には、車両 10 とターゲット装置 30 との位置関係をジョイント手段によって一定に保つことができれば、カメラ 101 のキャリブレーションは可能となる。

【0031】また本実施形態では、図 5 に示すようなスコープ手段 105 を用いる。スコープ手段 105 とは、車両 10 とターゲット装置 30 との位置関係が、所定の関係になっているか否かを確認できるようにするための手段であり、図 5 の構成例では、縦横に目盛りを刻んだ 2 枚の円形ガラス 501 が所定の間隔を空けて設置されている。このスコープ手段 105 をターゲット装置 30 に設けることによって、ターゲット装置 30 の位置調整を容易に行うことができる。

【0032】図 6 は図 4 に示す位置調整手段 104 および図 5 に示すスコープ手段 105 を有するターゲット装置 30 を利用したキャリブレーションシステムの構成例を示す図である。位置調整手段 104、スコープ手段 105 およびジョイント手段 107a、107b によって、本発明に係る位置合わせ手段が構成されている。図 6 に示すように、車両 10 に設けられた目標点 106 を、ターゲット装置 30 のスコープ手段 105 を介して目視確認することによって、ターゲット装置 30 の位置調整を容易に行うことができる。目標点 106 は、車両 10 とターゲット装置 30 との間に位置ずれがないか否かを、スコープ手段 105 を介して容易に確認できるものであればどのような構成でもかまわない。具体的には例えば、目標点 106 の位置に LED を置き、この LED を点灯させたり点滅させたりすることによって実現する。また、車両の特定箇所、例えばリアウィンドウの隅を目標点 106 として定めるだけでもよい。また、スコープ手段 105 は、遠く離れた所からでも目標点 106 が確認できるように、レンズ加工を加えたものでもよい。

【0033】なお、図 7 に示すように、スコープ手段 105 を車両 10 側に設けて、目標点 106 をターゲット装置 30 側に定めてもかまわない。また、スコープ手段

105 は、最初から備え付けで固定しておいてもよいし、取り外し可能としてもかまわない。ただし、図 7 の場合、スコープ手段 105 は、キャリブレーション時以外は不要になるので、着脱可能である方が望ましい。また、スコープ手段 105 は、ターゲット装置 30 の位置調整のために設けるものであるもので、キャリブレーション時には、スコープ手段 105 は車両 10 またはターゲット装置 30 に強固に固定されることが望ましい。

【0034】また、ターゲット装置 30 の複数箇所に、スコープ手段 105 を着脱可能にしてもよい。これにより、多種の車両 10 のカメラ 101 のキャリブレーションを行う場合、車両 10 の種類ごとにスコープ手段 105 の設置位置を選択することができる。この場合、車両 10 における目標点 106 の設置位置の自由度を高めることができる。

【0035】ターゲット装置 30 の位置調整は、目標点 106 をスコープ手段 105 によって見ながら行う。例えば、2 枚の円形ガラス 501 の中心同士がぴったり重なる先に目標点 106 が見えるように、ターゲット装置 30 の微妙な位置合わせを位置調整手段 104 によって行えばよい。

【0036】図 8 はスコープ手段 105 をターゲット装置 30 側に設けた場合の位置調整を示す図であり、同図中、(a) は位置合わせ前、(b) は位置合わせ後の状況を示している。図 8 の例では、位置合わせのための目標点 106 を車両 10 のリアウィンドウ下部の右端に設定し、この目標点 106 が 2 枚の円形ガラス 501 の中心同士がぴったり重なる先に見えるように、ターゲット装置 30 の位置の微調整を行う。

【0037】また図 9 は、スコープ手段 105 を車両 10 側に設けた場合の位置調整を示す図であり、同図中、(a) は位置合わせ前、(b) は位置合わせ後の状況を示している。図 9 の例では、位置合わせのための目標点 106 をターゲット装置 30 の特徴点 PP のうちの中央の一点に設定し、この目標点 106 が 2 枚の円形ガラス 501 の中心同士がぴったり重なる先に見えるように、ターゲット装置 30 の位置の微調整を行う。図 8 または図 9 のような位置合わせ作業において、目標点 106 に LED のような目標提示手段を設置し、その視認性を向上させることによって、キャリブレーションの作業効率を向上させることができる。

【0038】なお、スコープ手段 105 の必要性は、車両 10 とターゲット装置 30 とを物理的に固定するジョイント方式に依存する。すなわち、車両 10 とターゲット装置 30 とを固定した結果、両者の位置関係が常に一定に保たれるという保障がある場合には、スコープ手段 105 は不要である。

【0039】また、ジョイント手段自体に、ターゲット装置 30 の微妙な位置調整の機能を持たせることによって、位置調整手段 104 を不要にすることも可能であ

る。例えばターゲット装置30側のジョイント手段107aを棒状の部材とし、車両10側のジョイント手段107bを穴状のものとして、ジョイント手段107aをジョイント手段107bに差し込む方式を採用した場合、ジョイント手段107aの差し込み深さを変えることによって、ターゲット装置30の微妙な位置調整が可能となる。この場合は、位置あわせのためにスコープ手段105を利用する方が好ましい。また、位置を調整した後、固定器具を用いて、車両10とターゲット装置30との位置関係を固定するのが好ましい。

【0040】図10は本実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を機能的に示すブロック図である。図10に示すように、車両10はカメラ101の他に、カメラ101のキャリブレーションを行うカメラキャリブレーション手段108、カメラ101の撮影画像に所定の処理を施して画像変換を行う画像変換手段102、および変換された画像を表示するモニタ等の画像表示手段103を備えている。また、上述したようなジョイント手段107bおよび目標点106を備えている。一方、ターゲット装置30は、上述したような位置調整手段104、スコープ手段105およびジョイント手段107aを備えている。

【0041】カメラキャリブレーション手段108は、後述するキャリブレーションデータを用いてカメラキャリブレーションを行うものであるが、必ずしもリアルタイム処理を必要としないため、車両10内部に必須のも

$$\begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left( \frac{u}{f} r_{11} + \frac{v}{f} r_{12} + r_{13} \right) Z_c + t_x \\ \left( \frac{u}{f} r_{21} + \frac{v}{f} r_{22} + r_{23} \right) Z_c + t_y \\ \left( \frac{u}{f} r_{31} + \frac{v}{f} r_{32} + r_{33} \right) Z_c + t_z \end{pmatrix} \quad \dots\dots (1)$$

【0044】カメラキャリブレーションとは、具体的には、回転行列Rの各要素（カメラの向きに相当）、平行移動ベクトルTの各要素（カメラの位置に相当）を求めることに他ならない。ところで、上式では、カメラの向き、位置を決めるための未知のパラメータの個数が、回転行列Rの3個（行列要素は9個だが、回転行列であることから独立なパラメータはX軸、Y軸、Z軸をそれぞれ回転中心軸とした回転角3つのみ）、平行移動ベクトルTの要素3個の併せて6個となる。

【0045】画像座標Pv(u, v)とこれに対応するワールド座標系での座標値Pw(Xw, Yw, Zw)の組すなわちキャリブレーションデータ1組を、上式に代入することによって、u, vのそれぞれに関する2つの式を立てることができる。したがって、キャリブレーションデータが最低3組あれば、上述の6個のパラメータの値を求めることができる。実際には測定誤差の影響を

のではない。また、キャリブレーションソフトが動作可能な汎用のコンピュータによって実現可能である。もし、汎用コンピュータによって実現する場合には、車両10から離れた別な場所に置いて、取得したキャリブレーションデータを、フロッピー（登録商標）ディスクやメモ리카ードなどの記憶媒体や、無線、有線などの通信を介して、このコンピュータに送るようにしてもよい。

【0042】次に、カメラのキャリブレーションの方法を、図11を用いて簡単に説明する。ここでは説明を単純化するために、レンズ歪みや光軸のずれ等が無視できるピンホールカメラを用いた場合を想定する。図11はピンホールカメラモデルに基づいて、ワールド座標系、カメラ座標系および画像座標の関係を示す図である。キャリブレーションでは、特徴点PPを用いて、ワールド座標系におけるカメラの位置や向きを計算する。

【0043】図11において、カメラの焦点距離をf、特徴点PPをカメラで撮影したときの画像座標値をPv(u, v)、特徴点PPのカメラ座標系における座標値をPe(Xe, Ye, Ze)、特徴点PPのワールド座標系の座標値をPw(Xw, Yw, Zw)としている。カメラ座標系とワールド座標系との関係において、座標系の軸を合わせるための3×3の回転行列をR(r11, ..., r33)、原点を一致させるための平行移動ベクトルをT(tx, ty, tz)とすると、PvとPwは、次式によって対応づけることができる。

【数1】

減らすため、広範囲に散らばったできるだけ多くの特徴点に関するキャリブレーションデータを用いて、最小二乗法等によって解くのが一般的である。

【0046】さて、カメラキャリブレーションを精度良く行うためには、カメラの撮影範囲内に、予め定めた座標系における正確な座標値が既知の点、すなわち特徴点PPを多数準備する必要がある。ここで、特徴点PPを、座標値が既知の位置に、正確に設定することが最も重要である。このことは、言い換えると、特徴点PPを有するターゲット装置30を車両10に対して精度良く設置することが要求される、ということに他ならない。

【0047】キャリブレーションデータの作成は、正確に設置されたターゲット装置30を用いて、例えば次の2つのステップによって、手作業で行われる。

【0048】1. 特徴点PPをカメラで撮影し、カメラ画像上における特徴点PPの座標値Pv(u, v)を、

10

20

40

50

指定する。座標値の指定は、例えば、カメラ画像をコンピュータに取り込んで画面に表示し、画面に映った特徴点の位置にマウスカーソルを持っていき、そこでマウスをクリックする等の手作業によって行う。

【0049】2. 特徴点 P のワールド座標系における座標値  $P_w (X_w, Y_w, Z_w)$  と、指定したカメラ画像上の座標値  $P_v (u, v)$  とを対応づけて、キャリブレーションデータとして作成する。

【0050】以上のように本実施形態によると、移動体とターゲット装置との位置関係を、ジョイント手段やスコープ手段等によって、熟練者でなくても容易に所定の関係に固定することができる。したがって、カメラキャリブレーションのために、移動体を精度良く位置決めすることが不要になり、移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを簡易に行うことができる。また、キャリブレーションのために広大なスペースが必要とならず、狭い場所で行うことができる。さらに、ターゲット装置を、持ち運びが可能なコンパクトサイズで実現することができる。

【0051】(第2の実施形態) 本発明の第2の実施形態は、第1の実施形態に示したような車両 10 とターゲット装置 30 とを物理的に固定するジョイント手段を用いないで、スコープ手段を用いて、車両 10 とターゲット装置 30 とを接触させることなく、その位置関係を所定の関係に固定するものである。

【0052】図 12 は本実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。図 12 では、カメラ 101 が搭載された車両 10 とターゲット装置 30 とは物理的には固定されておらず、車両 10 に設けられた目標点 106 をターゲット装置 30 に設けられたスコープ手段 105 によって目視確認することによって、ターゲット装置 30 の位置合わせが行われる。位置調整手段 104 およびスコープ手段 105 は第1の実施形態で示したものと同様の構成からなる。位置調整手段 104 およびスコープ手段 105 によって、本発明に係る位置合わせ手段が構成されている。

【0053】図 13 は本実施形態におけるターゲット装置 30 の位置調整を示す図であり、同図中、(a) は位置合わせ前、(b) は位置合わせ後の状況を示している。図 13 の例では、位置合わせのための目標点 106 を車両 10 のリアウインドウの下部の左右の隅に設定し、これらの目標点 106 が、2 個のスコープ手段 105 のそれぞれについて、2 枚の円形ガラス 501 の中心同士がぴったり重なる先に見えるように、ターゲット装置 30 の位置の微調整を行っている。

【0054】なお、スコープ手段 105 の構成は、ここで示したものに限られるものではなく、他の構成であってもかまわない。例えば、スコープ手段としてレーザービーム発光装置を用い、その発したレーザービーム光が目標点 106 に当たるように、ターゲット装置 30 の位

置調整を行ってもかまわない。この場合、位置が合っているか否かの確認を、スコープを覗くことなく実行できるというメリットがある。あるいは、レーザービーム光が目標点 106 に当たったことの確認をより容易にするために、目標点 106 に反射板を設置してもよいし、さらに、この反射光を受光するための手段をスコープ手段に設け、各スコープ手段が反射光をその受光手段によって受けたときに、位置調整完了の合図をブザーなどの音で知らせるようにしてもよい。

【0055】ここで、スコープ手段の設置位置に関して注意すべき点を説明する。すなわち、スコープ手段の設置位置によっては、目標点と 2 枚の円形ガラスの中心とがぴったり合うターゲット装置の位置が、いく通りもあり得る場合がある。このことについて、図 14 を用いて説明する。図 14 では、2 個のスコープ手段を用いてターゲット装置の位置合わせを行う場合を想定している。そして、ターゲット装置 30 は、車両 10 が乗っている平面（すなわち路面 S）上を高さ一定で前後左右に自由に移動できるものとする。

【0056】図 14 (a) の場合、スコープ手段 105 を介した視線 VL1 が路面 S と平行であり、かつ、この視線 VL1 が目標点 106 を通っている。この場合、ターゲット装置 30 に設置された 2 個のスコープ手段 105 について、それぞれが見るべき目標点 106 と 2 枚の円形ガラス 501 の中心とが一致するようなターゲット装置 30 の位置が、多数存在してしまう。例えば図 14 (b) に示すように、各位置 VP-1、VP-2、VP-3 から車両 10 のリアウインドウの上側両角に設置された目標点 106 を見た場合、いずれの場合も、スコープ手段 105 から見て目標点 106 がちょうど合ってしまう。このため、ターゲット装置 30 を正しい位置に設置することが困難である。

【0057】このような不具合を避けるためには、例えば図 14 (c) に示すように、スコープ手段 105 を介した視線 VL2 が、ターゲット装置 30 を動かす平面すなわち路面 S と平行にならないようにすればよい。なお、スコープ手段を 3 台以上用いる場合にも、同様の不具合が生じる可能性があることを考慮し、スコープ手段および目標点の取り付け位置には十分注意することが必要である。

【0058】(第3の実施形態) 特徴点の個数が少なかったり、キャリブレーションを行うカメラの台数が少ない場合には、キャリブレーションデータを手作業によって作成してもよい。ところが、特徴点の個数が多かったり、多数のカメラのキャリブレーションを行わなければならない場合には、手作業では、キャリブレーションに膨大な時間を要することになる。また、特徴点の画像座標の入力には集中力を要するため、長時間の作業は非常に重労働になるし、作業者の疲労によって座標入力の正確さが損なわれ、ひいては、キャリブレーション精度が



低下するおそれがある。このような点に鑑み、本発明の第3の実施形態は、キャリブレーションデータ作成を自動化するものである。

【0059】図15は本発明の第3の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を機能的に示すブロック図である。図15では、図10と共通の構成要素について図10と同一の符号を付しており、ここではその詳細な説明を省略する。車両10は、ターゲット装置30を制御する制御手段109、およびキャリブレーションデータを自動作成するための制御データ111を格納する記憶手段を備えている。またターゲット装置30は、制御手段109からの制御信号に応じて特徴点を発生させる特徴点発生手段110を備えている。

【0060】制御手段109は、特徴点発生手段110に制御信号を送り、カメラ101の調整に必要な特徴点を発生させ、キャリブレーションデータを自動または半自動により作成することによって、カメラ101のキャリブレーションの高速化および簡単化を実現する。具体的な処理内容は後述する。

【0061】図16は本実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。図16では、特徴点発生手段110は、発光手段110aを用いて特徴点を発生する。すなわち、内部の駆動手段（図示せず）が、制御手段109からの制御信号を受けて、その信号内容に応じてキャリブレーションのための特徴点を発光手段110aに発生させる。カメラ101が通常のCCDカメラや赤外線カメラの場合には、発光手段110aとして、ストロボ、白熱電球等が利用可能である。

【0062】次に、発光した特徴点を用いて、キャリブレーションデータを自動または半自動により作成する処理について説明する。

【0063】発光位置の自動検出方法としては、例えばフレーム間差分方法が有効である。フレーム間差分方法とは、連続した2フレーム間の差分を計算し、その差分が最大の位置を抽出するものである。フレーム間差分法を用いる場合、特徴点抽出処理の流れは、次のようなステップからなる。

【0064】(ST1) フレーム間差分の計算処理を開始する。

【0065】(ST2) 制御手段109が、特徴点の発光開始のための制御信号をターゲット装置30に送信する。

【0066】(ST3) 特徴点発生手段110が、制御信号を受けて、この制御信号に応じた特徴点を発光させる。

【0067】(ST4) 制御手段109が制御信号を出力してから所定時間の間において、フレーム間差分の積分值が最大となるフレームを抽出する。

【0068】(ST5) ステップST4において抽出したフレームにおいて、差分の大きさがピークになる点の座標を求め、この座標値を、発光させた特徴点の空間座標と対応づけて、カメラ101のキャリブレーションデータとして記憶する。

【0069】上記のステップST1～ST5までの一連の処理を、制御可能な全ての特徴点に対して行うことによって、カメラ101のキャリブレーションデータすなわち、特徴点の空間座標と撮影画像上の座標値とを対応付けたデータを自動生成することが可能になる。これにより、カメラキャリブレーションの作業効率を大幅に向上させることができる。

【0070】上述したような処理を実行するために、制御手段109は、予め、ターゲット装置30に設けられた各特徴点の番号と当該特徴点の空間座標とを対応づけたデータを、制御データ111として保持しておく。表1は制御データ111の一例である。

【0071】

【表1】

特徴点番号	特徴点の空間座標値
1	(X <sub>1</sub> , Y <sub>1</sub> , Z <sub>1</sub> )
2	(X <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub> , Z <sub>2</sub> )
⋮	⋮
N	(X <sub>N</sub> , Y <sub>N</sub> , Z <sub>N</sub> )

【0072】制御手段109は、表1に示すような制御データ111から、特徴点番号を順に取得し、この特徴点番号に対応する特徴点を発光するようにターゲット装置30に制御信号を送信する。その後、上記のステップST1～ST5の処理を行うことによって、カメラ101の撮像画像上における当該特徴点の座標を求め、この座標を、制御データ111内の当該特徴点の空間座標値と対応づけることによって、一対のキャリブレーションデータを得る。

【0073】表1では、ターゲット装置30の設置位置が1箇所のみであることを前提にしている。もし、ターゲット装置30を設置する位置が複数存在する場合、例えば、カメラ101による監視範囲が車両10後方部および左右の側方部である場合には、各特徴点の番号と当該特徴点の空間座標とを対応づけたデータは、ターゲット装置30の設置位置ごとに準備しておく必要がある。表2はこのような場合の制御データ111の一例である。

【0074】

【表2】

設置場所番号	特徴点番号	特徴点の空間座標値
1	1	(X <sub>11</sub> , Y <sub>11</sub> , Z <sub>11</sub> )
1	2	(X <sub>12</sub> , Y <sub>12</sub> , Z <sub>12</sub> )
⋮	⋮	⋮
1	N	(X <sub>1N</sub> , Y <sub>1N</sub> , Z <sub>1N</sub> )
2	1	(X <sub>21</sub> , Y <sub>21</sub> , Z <sub>21</sub> )
2	2	(X <sub>22</sub> , Y <sub>22</sub> , Z <sub>22</sub> )
⋮	⋮	⋮
2	N	(X <sub>2N</sub> , Y <sub>2N</sub> , Z <sub>2N</sub> )
M	1	(X <sub>M1</sub> , Y <sub>M1</sub> , Z <sub>M1</sub> )
M	2	(X <sub>M2</sub> , Y <sub>M2</sub> , Z <sub>M2</sub> )
⋮	⋮	⋮
M	N	(X <sub>MN</sub> , Y <sub>MN</sub> , Z <sub>MN</sub> )

【0075】制御手段109は、まずターゲット装置30の設置位置を所定の方法によって取得し、表2に示すような制御データ111から、この設置位置に対応する設置場所番号を持つデータのみを取り出す。そして、取り出したデータを用いて、上述したように、特徴点番号を順に取得し、この特徴点番号に対応する特徴点を発光するようにターゲット装置30に制御信号を送信する。その後、上記のステップST1～ST5の処理を行うことによって、カメラ101の撮像画像上における当該特徴点の座標を求め、この座標を、取り出したデータ内の当該特徴点の空間座標値と対応づけることによって、一対のキャリブレーションデータをを得る。

【0076】制御データ111は、基本的には、最初に一度だけ計測しておけばよい。もし何らかの原因でカメラ101の位置ずれが生じたとしても、車両10とターゲット装置30との位置関係が変わっていなければ、キャリブレーションをやり直す際に、制御データ111をそのまま利用することは可能である。ただし、何らかの衝撃を受けてジョイント手段が変形したり、または、スコープ手段や目標点に変形したりしたような場合には、制御データ111に記述された特徴点の空間座標値そのものがずれている可能性がある。このような場合は、特徴点の空間座標値を再度計測することが望ましい。カメラ101の位置ずれが生じているか否かは、ターゲット装置30を取り付けてカメラ101によって撮影し、画像変換手段102によって変換された画像上で特徴点が所定位置に配置されているか否かを確認することによって、容易に判断することができる。

【0077】なお、制御信号の伝送のためには、制御手

段109と特徴点発生手段110とをつなぐ専用線（無線も含む）を設けてもよいし、ジョイント手段107a、107bに信号線を組み込んでよい。また、特徴点の発光に必要な電力を、車両10からジョイント手段107a、107bを介してターゲット装置30に伝送するようにすれば、ターゲット装置30に独立して電力供給を行わずに済むので、ターゲット装置30の小型化、軽量化を実現できる。

【0078】以上のように本実施形態によると、人手では多大な手間を要するキャリブレーションデータの収集が、自動で行えるようになるので、キャリブレーション作業効率を飛躍的に向上させることができる。

【0079】（第4の実施形態）上述の各実施形態では、カメラが搭載された移動体と、カメラのキャリブレーションのためのターゲット装置との位置関係を、物理的に（接触状態で）、あるいは非接触で、所定の関係に固定するものとした。これに対して、本発明の第4の実施形態は、移動体とターゲット装置とを適当に配置した後、これらの位置関係を求め、求めた位置関係を用いてカメラのキャリブレーションを行うものである。

【0080】図17は本実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。図17に示すように、本実施形態に係るターゲット装置30は、ステレオカメラ（焦点距離が互いに等しく、光軸が互いに平行で、かつ各々の画像面が同一平面上に乗るように配置されたカメラ）によって構成された目標データ取得手段114と、目標データ取得手段114によって得られたデータから、ターゲット装置30自体が車両10に対してどのような位置関係にあるかを計算する位置計算手段1

30

40

50

13とを備えている。位置計算手段113および目標データ取得手段114によって、本発明に係る位置関係推定手段が構成されている。

【0081】目標データ取得手段114は、車両10を基準にした座標系（座標系2）における位置が既知の目標点106について、ターゲット装置30を基準にした座標系（座標系1）における座標値を取得する。位置計算手段113は、目標データ取得手段114によって取得された座標値から、車両10に対するターゲット装置30の位置関係を計算し、これに基づいて、ターゲット装置30に設置された特徴点の座標系2における座標値を計算する。

【0082】図18は特徴点の座標系2における座標値を計算する処理の流れを示すフローチャートである。ここでは、説明を簡単にするために、ステレオカメラを構成する個々のカメラは、レンズ歪み等がない理想的なピンホールカメラであるものとする。

【0083】まず、ステップS1において、ターゲット装置30を設置する。ここでは、目標データ取得手段114を構成するそれぞれのステレオカメラの画像に目標点106が映るように、ターゲット装置30の位置決めを行う。というのは、計算に必要な全ての目標点106がステレオカメラ画像に映っていることが、車両10とターゲット装置30との位置関係を計算するための条件だからである。ただし、車両10に設置されたカメラ101のキャリブレーションが最終的な目的であるので、上述の条件を満たしつつ、かつ、特徴点がカメラ101にできるだけ広範囲に映るように、ターゲット装置30を設置するのが望ましい。

【0084】ターゲット装置30を設置した後、ターゲット装置30を基準にした座標系1を適当に設定する。

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ r_4 & r_5 & r_6 \\ r_7 & r_8 & r_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (2)$$

【0089】式（2）において、 $r_i$ は座標系1の座標軸を座標系2の座標軸に合わせるための回転を表す $3 \times 3$ の行列の要素、 $t_x$ 、 $t_y$ 、 $t_z$ は座標系1の原点を座標系2の原点に移動させるための平行移動ベクトルの要素であり、これらの未知パラメータを求めることによって、座標系1の座標（ $X_1$ 、 $Y_1$ 、 $Z_1$ ）を座標系2の座標（ $X_2$ 、 $Y_2$ 、 $Z_2$ ）に変換することが可能になる。これら未知パラメータを求めるためには、座標系1における目標点106の座標と座標系2における目標点106の座標との組を式（2）に代入して、連立方程式を立てて解けばよい。

【0090】なお、式（2）には、12個の未知パラメータがあるように見えるが、 $r_i$ は座標系1のX軸、Y

座標系1は目標点106の座標値を計算するためのものである。ターゲット装置30のどこを基準にして設定してもかまわない。なお、座標系1におけるステレオカメラのカメラパラメータは予め計算しておく必要がある。

【0085】次に、ステップS2において、座標系1における目標点106の座標値を計測する。すなわち、目標データ取得手段114を構成するステレオカメラによって、計算に必要な全ての目標点106を撮影し、各々の目標点106の座標系1における座標値を計算する。

【0086】例えば図19において、目標点106の座標系1における座標値（ $X_1$ 、 $Y_1$ 、 $Z_1$ ）は、ステレオカメラの基線長を $b$ 、目標点106の左画像における座標値を（ $X_l$ 、 $Y_l$ ）、右画像における座標値を（ $X_r$ 、 $Y_r$ ）、 $d = X_l - X_r$ とすると、三角測量の原理に基づき、下式で計算できる。

【0087】

$$X_1 = b (X_l + X_r) / 2d$$

$$Y_1 = b (Y_l + Y_r) / 2d$$

$$Z_1 = bf / d$$

目標点106の左カメラ画像および右カメラ画像におけるそれぞれの座標値（ $X_l$ 、 $Y_l$ ）、（ $X_r$ 、 $Y_r$ ）は、マウスでクリックする等により人手で取得してもよいし、自動で取得してもよい。

【0088】次に、ステップS3において、座標系1と、車両10を基準にした座標系2との位置関係を計算する。全ての目標点106について、座標系1における座標値が求まると、これらの座標値を用いて、座標系1と座標系2との位置関係を表す次式の未知パラメータ $r_i$ （ $i = 1 \sim 9$ ）、 $t_x$ 、 $t_y$ 、 $t_z$ を求める。

【数2】

軸、Z軸の周りの回転パラメータから構成されているため、その元になる変数は3個である。したがって、未知数の個数は6であり、目標点106は最小で2組（1組で3つの式を立てることができるため）あれば、未知パラメータを求めることが可能である。なお実際には、計算誤差を小さくするため、多くの目標点を用いて式を立て、これらを最も良く満たす未知パラメータを、例えば最小二乗法等を用いて求めることが一般的である。

【0091】次に、ステップS4において、ターゲット装置30に設置された特徴点の座標系2における座標値を計算する。すなわち、ステップS3において座標系1と座標系2との位置関係を表すパラメータが求められたので、特徴点の座標系1における座標値を、座標系2の

座標値に変換することができる。この変換は、単に、予め計測した特徴点の座標系 1 における座標値を、式

(2) の  $(X1, Y1, Z1)$  として入力することによって行われる。

【0092】そして、ステップ S5 において、座標系 2 における特徴点の座標値を、車両 10 のカメラキャリブレーション手段 108 に転送する。この座標値データは、例えば上述の表 1 のような形態のものでよい。これによって、キャリブレーション手段 108 は、カメラ 101 に映る特徴点の座標系 2 における座標値を手に入れることができるので、カメラ 101 のキャリブレーションを行うことが可能となる。

【0093】なお、本実施形態では、車両 10 に取り付けられた目標点 106 の座標系 1 における座標値を計測するために、ステレオカメラを用いたが、もちろんこれ以外の方法を用いてもかまわない。例えば、図 20 に示すように、距離計測レーダを目標データ取得手段 114 A として用いてもよい。この場合、目標点 106 にはレーダー反射板を設置すればよい。

【0094】また、本実施形態を、第 3 の実施形態と組み合わせることもよい。すなわち、車両 10 から、ターゲット装置 30 の特徴点を順次発光させるようにしてもかまわない。

【0095】(サービスへの応用) 本発明の効果によって、工場のような大きな敷地のある場所以外でも、カメラのキャリブレーションを、サービスビジネスとして展開することが可能となる。例えば車の整備を行うサービスセンターにおいて、サービスの一環としてカメラキャリブレーションが可能になるので、顧客からサービスの対価を受け取るようなビジネスの実施も可能となる。将来的には、車両周囲監視システムは広く普及し、カメラの交換や追加、あるいは事故・走行によるカメラ取付位置のずれ等が頻繁に起こりうると考えられるので、このようなサービスビジネスが普及することは当然に予想される。

【0096】本発明に係るキャリブレーションを、将来的に、実際にサービスセンターで行う場合を想定し、その手順の概要を図 21 を参照して説明する。

#### ・ステップ S S 1

サービスセンターに常備されているターゲット装置 30 を、キャリブレーションに必要なカメラ 101 が設置された車両 10 の近くに設置する。ターゲット装置 30 の設置位置は、その目標データ取得手段 114 が車両 10 の目標点 106 を捉えることができ、かつ、ターゲット装置 30 に設置された特徴点がカメラ 101 になるべく多く映るように、定める。

#### ・ステップ S S 2

目標データ取得手段 114 によって、目標点 106 を捉える。例えば、目標データ取得手段 114 としてステレオカメラを用いた場合には、左右両方のカメラによつ

て、目標点 106 を含む画像を撮影する。

#### ・ステップ S S 3

位置計算手段 113 によって、車両 10 とターゲット装置 30 との位置関係を求め、車両 10 からみた特徴点の座標値を計算する。そして、この計算結果を、車両 10 のカメラキャリブレーション手段 108 に送る。伝送手段としては、有線または無線のネットワークでもかまわないし、また、フロッピーディスクやメモリーカード等の記憶媒体を用いるなど、いかなる方法でもかまわない。

#### ・ステップ S S 4

カメラ 101 によって撮影した特徴点の画像座標と、ターゲット装置 30 から受けた特徴点の座標データとを基にして、カメラキャリブレーション手段 108 が、各カメラ 101 のキャリブレーションを行う。

【0097】ただし、カメラ 101 の位置や向きがばらばらであり、ステップ S S 1 ~ S S 4 の処理を一度行うだけでは、全てのカメラ 101 のキャリブレーションを行うことができない場合には、何度か繰り返し実行すればよい。例えば、車両 10 の前後左右にカメラ 101 が外向きに設置されている場合には、ターゲット装置 30 を車両 10 の前後左右に置いて、その都度ステップ S S 1 ~ S S 4 の処理を行えばよい。もちろんこのような場合には、目標点 106 は、車両の後ろだけではなく、その前や左右に設置しておく必要がある。

【0098】なお、上述の各実施形態では、画像変換手段 102 や表示手段 103 を車両 10 内部に設けるものとしたが、車両 10 内部に設けなくて、別の場所に設けるようにしてもかまわない。

【0099】また、車両以外の移動体、例えば列車や飛行機、あるいはロボット等にカメラを設けた場合でも、本発明は利用可能である。

【0100】<補足説明>カメラの用途が単なる監視用であるときは、さほど精密なキャリブレーションを必要としない。しかしながら、例えば、カメラ画像を用いて画像合成を行う場合や、カメラ画像から他の物体までの距離等の測定を行うような場合には、精密なキャリブレーションが必要であり、本発明は非常に有効となる。

【0101】ここで、精密なカメラキャリブレーションが必要になる理由を補足説明する。

【0102】いま、図 22 (a) に示すように、車両 10 に、その後方の路面を撮影するカメラ 101 が配置されているものとする。カメラ 101 の設置条件は、図 22 (b) に示すように、地面からの高さ  $h$  が 1000 mm、向き  $\theta$  が鉛直軸から  $60^\circ$  である。

【0103】図 22 (b) に示すように、いま仮に、カメラ 101 の光軸がずれ、その向き  $\theta$  が下に  $d\theta$  ( $=1^\circ$ ) だけ動いたとする。このとき、カメラ 101 の光軸中心に映る路面の位置は P1 から P2 にずれる。ずれる距離  $d1$  は、

$$\begin{aligned} d1 &= h \times (\tan \theta - \tan (\theta - d\theta)) \\ &= 1000 \times (\tan 60^\circ - \tan 59^\circ) \\ &= 67.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

となり、約 7 cm ほどのずれが生じる。もし、カメラ 101 の向きが  $3^\circ$  変化すれば、同様の計算により 19 cm ほどのずれが生じる。路面上の道路標識の白線の幅が 15 cm 程度であることを鑑みると、向きが  $3^\circ$  変化すると、白線の幅以上のずれが生じることになる。これは、例えば、2 個のカメラの画像を路面に投影して接合する場合に、合成画像上で白線が連続しないことを意味する。

【0104】また、レンズと CCD との位置関係が変化することによっても、大きな位置ずれが生じる。図 22 (c) に示すように、1/2 インチサイズの CCD (縦 6.47 mm、横 4.85 mm) と、水平画角  $111^\circ$  の広角レンズを想定する。焦点距離  $f1$  は約 3 mm となる。いま仮に、この CCD とレンズとの位置関係が、図 22 (c) に示すように、CCD 面に平行に  $du$  ( $= 0.1 \text{ mm}$ ) ずれたとする。このとき、光軸のずれ角  $\rho$  は、

$$\begin{aligned} d\rho &= \arctan (du / f1) \\ &= \arctan (0.1 / 3) \\ &= 1.91^\circ \end{aligned}$$

となり、光軸が路面と接する点の位置ずれ  $d2$  は、約 14 cm となる。

【0105】このように、カメラの向きの数度のずれや、CCD とレンズの位置関係の 0.1 mm 程度のずれによって、路面上で 10 cm 以上の位置ずれが生じる。したがって、カメラの向きや、カメラ内部のレンズと CCD の位置関係について、これ以上の精度でキャリブレーションを行う必要がある。

#### 【0106】

【発明の効果】以上のように本発明によると、移動体とターゲット装置との位置関係が、位置合わせ手段によって所定の関係に固定されたり、あるいは、位置関係推定手段によって求められるので、カメラキャリブレーションのために、移動体を精度良く位置決めすることが不要になる。したがって、移動体に搭載されたカメラのキャリブレーションを簡易に行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の技術的思想を概念的に示すための図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。

【図 3】ジョイント手段の他の構成例を示す図である。

【図 4】位置調整手段の構成例を示す図である。

【図 5】スコープ手段の構成例を示す図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの他の構成例であって、スコープ手段および位置調整手段を設けた構成を示す図である。

【図 7】図 6 の構成の変形例である。

【図 8】スコープ手段をターゲット装置側に設けた場合の位置調整を示す図である。

【図 9】スコープ手段を車両側に設けた場合の位置調整を示す図である。

【図 10】本発明の第 1 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を機能的に示すブロック図である。

【図 11】キャリブレーションの方法を説明するための図であり、ピンホールカメラモデルに基づいて、ワールド座標系、カメラ座標系および画像座標の関係を示した図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。

【図 13】本発明の第 2 の実施形態におけるターゲット装置の位置調整を示す図である。

【図 14】スコープ手段の設置位置に関して注意すべき点を説明するための図である。

【図 15】本発明の第 3 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を機能的に示すブロック図である。

【図 16】本発明の第 3 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。

【図 17】本発明の第 4 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの構成を示す図である。

【図 18】特徴点の座標値を計算する処理の流れを示すフローチャートである。

【図 19】特徴点の座標値計算を説明するための図である。

【図 20】本発明の第 4 の実施形態に係るキャリブレーションシステムの他の構成を示す図である。

【図 21】本発明をサービスに応用した場合の手順の概要を示す図である。

【図 22】精密なカメラキャリブレーションが必要になる理由を説明するための図である。

【図 23】従来の車両監視システムの構成を示す図である。

#### 【符号の説明】

1, 101 カメラ

2, 10 車両

3, 30 ターゲット装置

105 スコープ手段

106 目標点

107 a, 107 b, 107 A ジョイント手段

109 制御手段

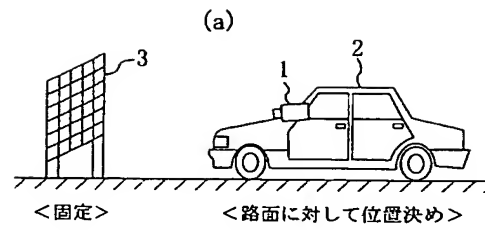
110 a 発光手段

113 位置計算手段

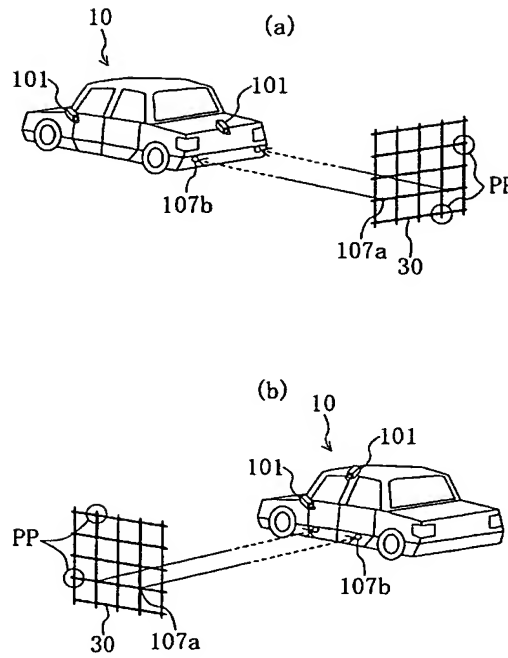
114, 114 A 目標データ取得手段

PP 特徴点

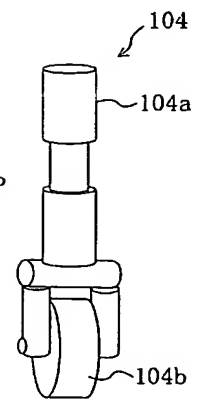
【図 1】



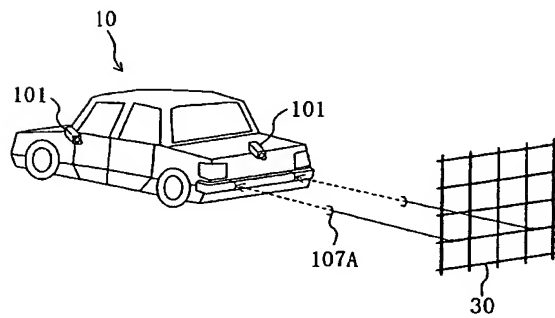
【図 2】



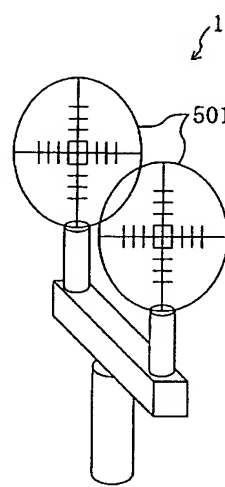
【図 4】



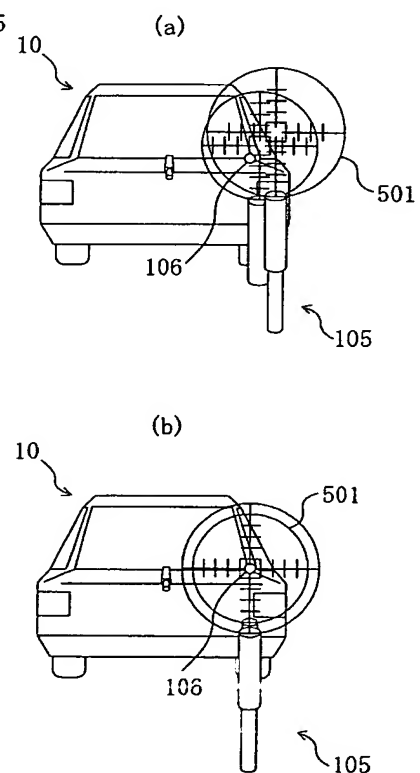
【図 3】



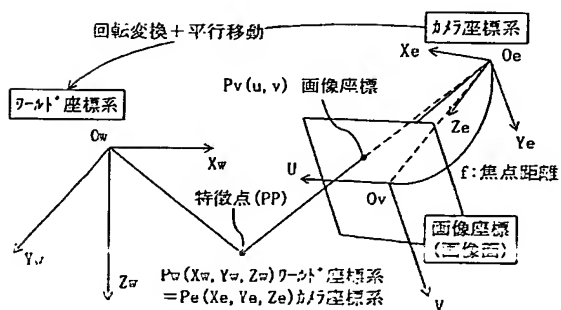
【図 5】



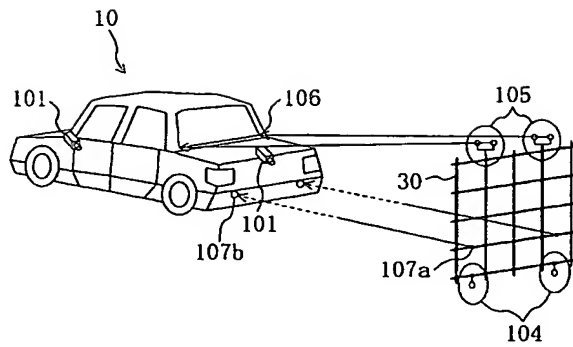
【図 8】



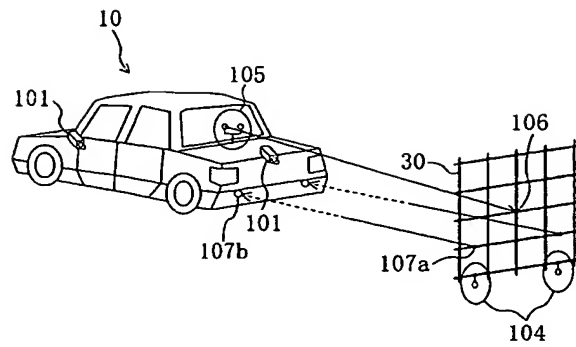
【図 11】



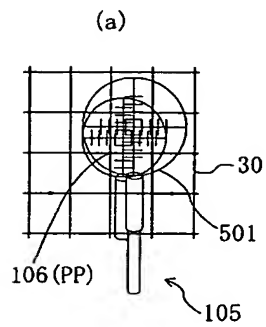
【図6】



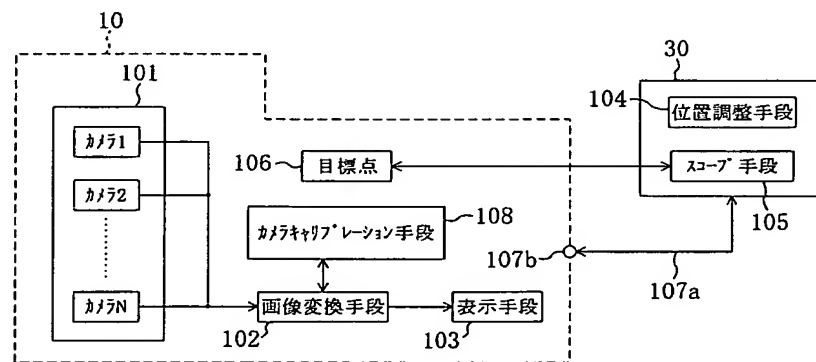
【図7】



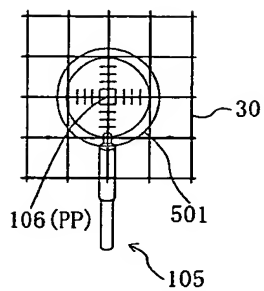
【図9】



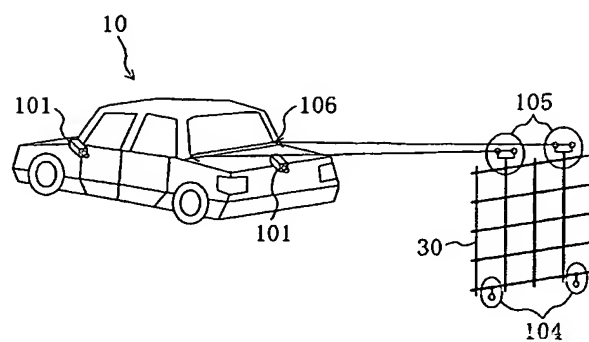
【図10】



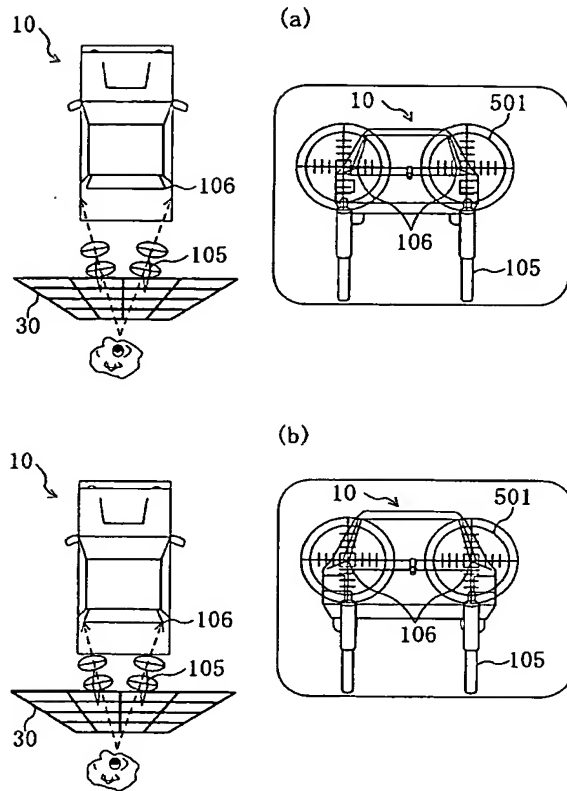
(b)



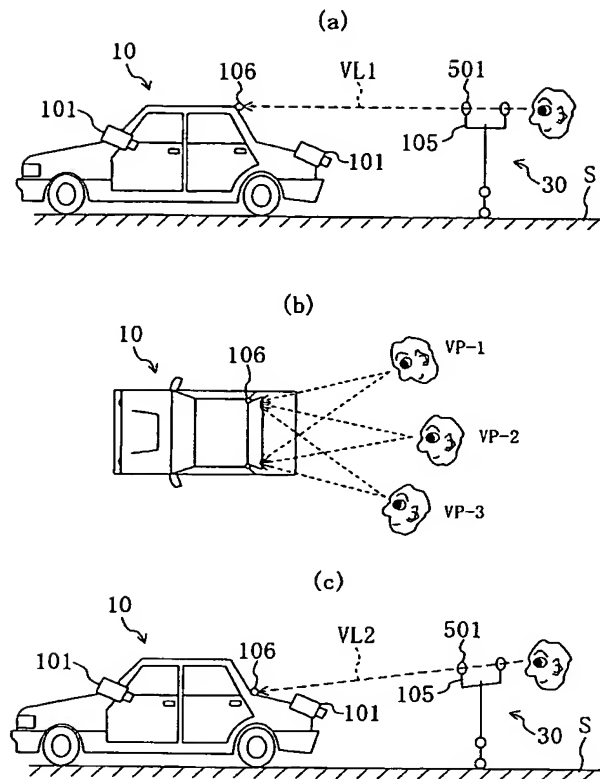
【図12】



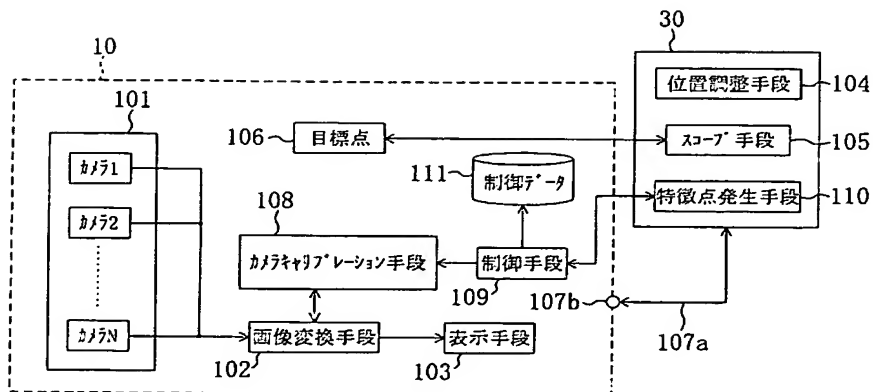
【図13】



【図14】

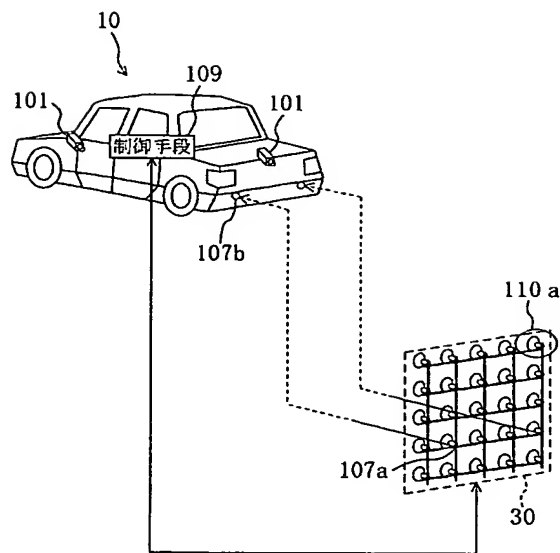


【図15】

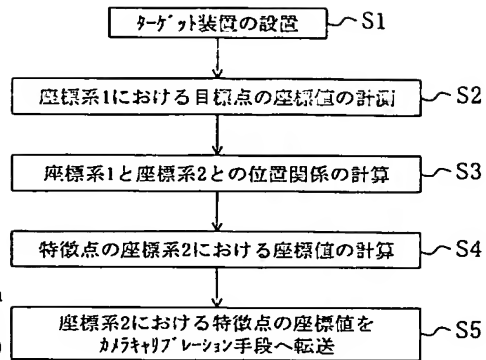




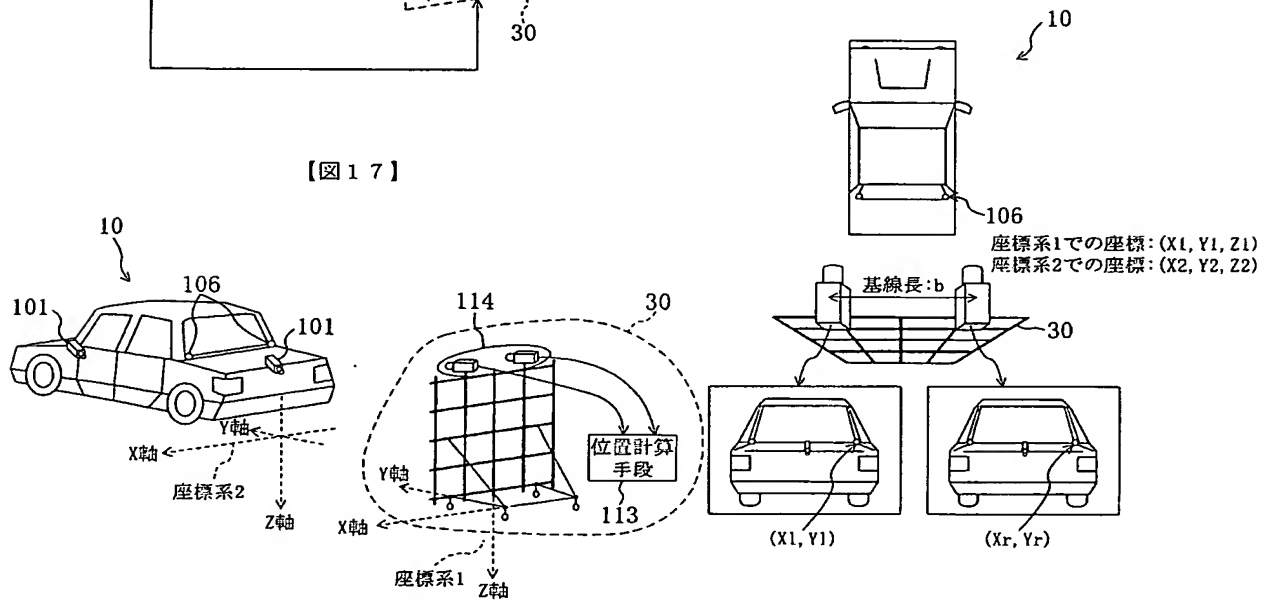
【図16】



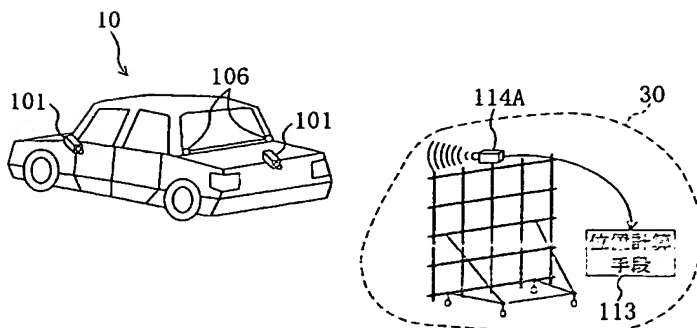
【図18】



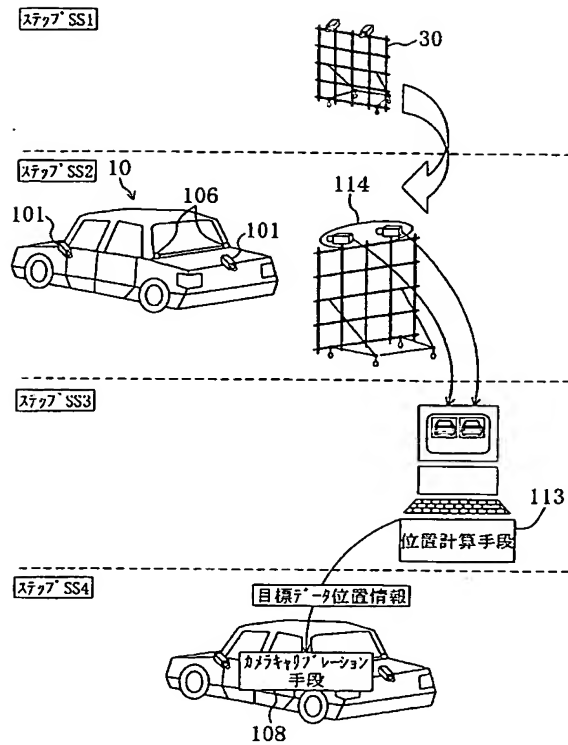
【図19】



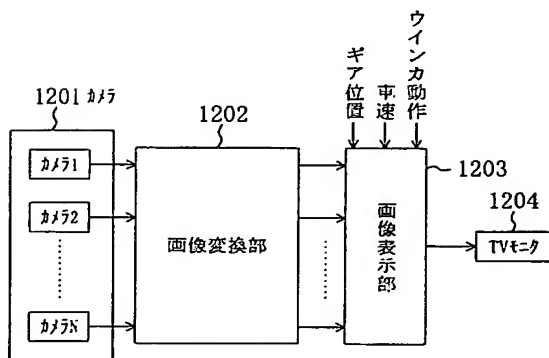
【図20】



【図21】



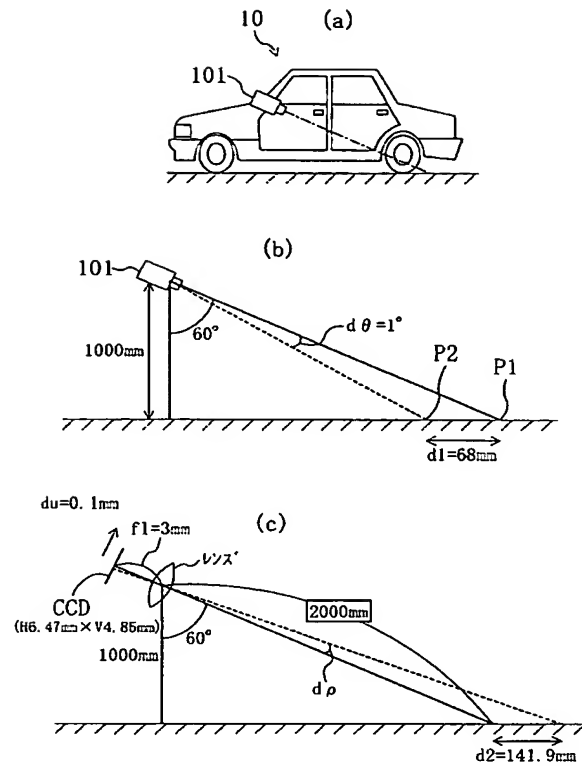
【図23】



フロントページの続き

(72) 発明者 森村 淳  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

【図22】



Fターム(参考) 5C022 AA04  
5C054 AA05 CA04 CA06 CE00 FC01  
FC12 FD03 HA30